

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Цзян Синьмин

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Е.Н. Степанова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: 384390197@qq.com

EFFECT OF HYDROGEN ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF TITANIUM ALLOY

Jiang Xinming

Scientific Supervisor: Ass.Prof., PhD E.N. Stepanova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: 384390197@qq.com

Abstract. The report examines the effect of hydrogen concentration on the physical properties of titanium alloys. The experimental results show that after hydrogen peroxide treatment, hydrogen can reduce the tensile strength, the higher the hydrogen concentration, the lower the tensile strength.

Введение. В настоящее время много учёных исследуют титановые сплавы. Этот интерес обусловлен тем, что сплавы титана считаются перспективными материалами для применения в области медицины и аэрокосмической промышленности [1-2]. Одним из ценных свойств титана является биологическая совместимость с живой тканью, поэтому титан и его сплавы станут идеальными материалами в медицинской области [3]. В процессе эксплуатации титановые сплавы подвергаются наводороживанию, в результате чего может развиваться водородная хрупкость даже в том случае, если концентрация водорода не превышает предельно допустимого значения. Поэтому целью данной работы является изучение влияния водорода на механические свойства сплава ВТ6.

Материал и методы исследований. В качестве материала исследования в данной работе был использован двухфазный ($\alpha+\beta$) титановый сплав Ti-6Al-4V марки ВТ6 в мелкозернистом состоянии. Образцы сплава были наводорожены до различных концентраций при температуре 773 К и давлении 2 атм с использованием автоматического комплекса Gas Reaction Controller. Концентрация водорода в образцах сплава после наводороживания была дополнительно измерена с помощью анализатора водорода RHEN 602 с точностью $\pm 0.0001\%$. Объемные доли и параметры решетки определяли с точностью $\pm 1\%$ и 0.0001 нм, соответственно, методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 в излучении Cu-K α . Образцы в виде двойной лопатки были вырезаны из заготовок электроискровым способом. Поверхность образцов подвергали механической шлифовке и электролитической полировке. Механические свойства образцов были исследованы методом одноосного растяжения.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

В качестве материала исследования был использован мелкозернистый (МЗ) титановый сплав ВТ6. В исходном состоянии сплав ВТ6 имеет неомогенную структуру, состоящую из однофазных α и

двухфазных $\alpha + \beta$ областей. Однофазные α области размерами 10–40 мкм, как правило, окружены двухфазными ($\alpha + \beta$) областями.

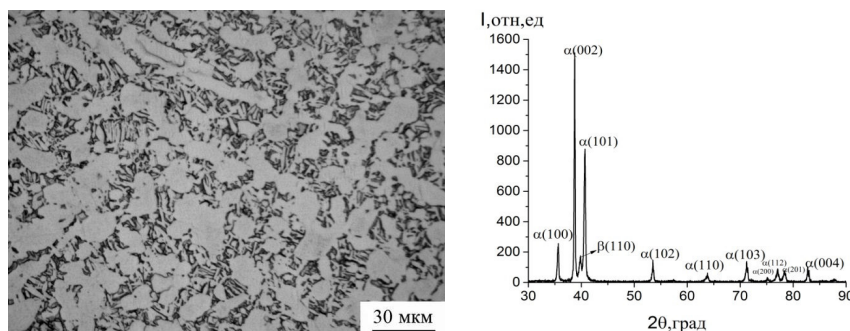


Рис. 1. Микроструктура и участок дифрактограммы образца МЗ сплава ВТ6 в исходном состоянии

Участок типичной дифрактограммы образца сплава ВТ6 в исходном состоянии показан на рис. 1. Из дифрактограммы видно, что в исходном состоянии в сплаве содержатся α фаза с объемной долей 97,8 % и β фаза с объемной долей 2,2 %. Параметры решетки α фазы: $a = 0,29263$ нм, $c = 0,46833$ нм, а в β фазе $a = 0,31516$ нм. В сплаве наблюдается текстура в направлении [002] с коэффициентом Марча-Долласа 0,6741.

Значения концентрации водорода в образцах сплава после наводороживания в течение различного времени, измеренные с помощью анализатора водорода RHEN 602, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения концентрации водорода в образцах сплава ВТ6

Материал и условия наводороживания	Концентрация водорода, мас. %
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм, 1400с	0,78067
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм, 1200с	0,85046
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм, 5000с	0,097
Сплав ВТ6 при 500°C, 2 атм, 4000с	0,34

На рисунке 2 приведены типичные кривые растяжения образцов сплав ВТ6 с различным содержанием водорода при температуре 293 К. Видно, что в общем случае на указанных кривых наблюдаются три стадии: упрочнения, установившейся деформации и разупрочнения. Длительность стадий по деформации зависит от концентрации водорода в сплаве.

Результаты экспериментальных исследований зависимости механических свойств при растяжении образцов МЗ сплава ВТ6 от концентрации водорода при температуре 293 К приведены в табл. 2. Из данных, представленных видно, что при температуре 293 К значения пределов текучести ($\sigma_{0,2}$) и предела прочности (σ_B) и величина деформации до разрушения уменьшаются с увеличением концентрации водорода в сплаве. При этом увеличение концентрации водорода приводит к уменьшению модуля Юнга.

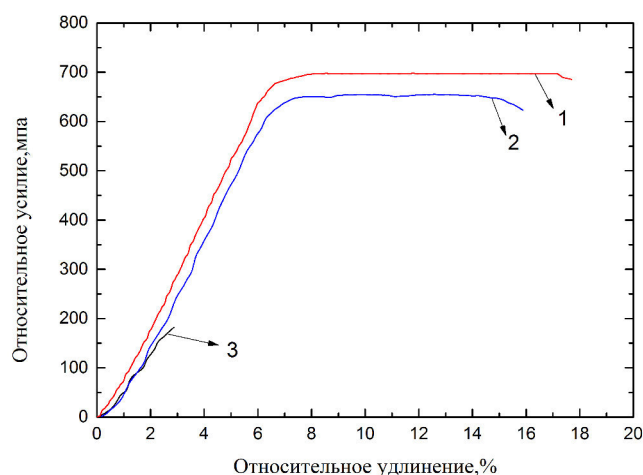


Рис. 2. Кривые растяжения образцов МЗ сплава ВТ6: 1 – образец в исходном состоянии; 2 – образец после насыщения до концентрации 0,06 м.%; 3 – образец после насыщения до концентрации 0,85 м.%

Также из рисунка 2 видно, что при насыщении титанового сплава ВТ6 водородом до концентрации больше, чем 0,34 % образец сплава разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

Таблица 2

Механические свойства сплава ВТ6 с различным содержанием водорода

Концентрация водорода, %	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	ϵ , %	E, ГПа
0,002	650	697	17,8	110
0,097	650	680	12,2	100
0,06	600	655,5	15,88	96,5
0,11	605	679,5	18,87	92,3
0,15	600	657,25	17,569	92,2

Заключение. При анализе экспериментальных данных было установлено, что водород влияет на механические свойства титановых сплавов. Механические свойства с увеличением концентрации водорода в сплаве ВТ6 уменьшаются. При этом при концентрации больше, чем 0,34 % образец сплава разрушается хрупко на упругой части кривой растяжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://studopedia.ru>
2. Александров А.В. Особенности развития современного рынка титана // Труды международной конференции «Ti-2007 в СНГ». – Украина, г. Ялта, 15-18 апреля 2007 г. – Ялта, 2007. – С. 7–10.
3. Long M., Rack H.J. Titanium alloys in total joint replacement – a materials science perspective // Biomaterials. – 1998. – Vol. 19. – P. 1621–1639.